

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐẶC TRƯNG CƠ LÝ CỦA GẠCH ĐẤT XI MĂNG KHÔNG NUNG DẠNG TỰ CHÈN

Đào Ngọc Khánh Vy^a, Đặng Vũ Hiệp^b, Nguyễn Trung Hiếu^{c,*}

^a*Viện Công nghệ Xây dựng Kiến trúc Đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội,
129 đường Trần Phú, phường Hà Đông, Hà Nội, Việt Nam*

^b*Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội,
129 đường Trần Phú, phường Hà Đông, Hà Nội, Việt Nam*

^c*Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,
55 đường Giải Phóng, phường Bạch Mai, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 13/01/2026, Sửa xong 25/02/2026, Chấp nhận đăng 24/3/2026

Tóm tắt

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá đặc trưng cơ lý của gạch đất xi măng không nung tự chèn (ICSCEB), vật liệu xanh tiềm năng thay thế gạch nung tại miền núi nhờ tận dụng đất đồi không thể canh tác tại địa phương. Mục tiêu là xác định khối lượng thể tích, độ hút nước, cường độ nén và uốn của gạch chế tạo từ đất á sét và xi măng PCB30 qua ép thủy lực. Các mẫu được thí nghiệm theo TCVN. Kết quả tuổi 28 ngày cho thấy khối lượng thể tích đạt 1867 kg/m³; độ hút nước giảm còn 13%, phản ánh sự đặc chắc của cấu trúc. Cường độ nén đạt 5,1 MPa (khô) và 2,7 MPa (bão hòa), cường độ uốn đạt 0,4 MPa. Các kết quả này khẳng định rằng ICSCEB đáp ứng tốt các yêu cầu kỹ thuật cho nhà ở thấp tầng, góp phần thúc đẩy phát triển vật liệu bền vững.

Từ khoá: gạch đất xi măng không nung dạng tự chèn; khối lượng thể tích; độ hút nước; cường độ chịu nén; cường độ chịu uốn; tuổi bảo dưỡng.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF INTERLOCKING CEMENT-STABILISED COMPRESSED EARTH BRICKS

Abstract

This study was conducted to comprehensively evaluate the physical and mechanical properties of interlocking cement-stabilised compressed earth bricks (ICSCEB), a potential green building material to effectively replace traditional fired bricks in mountainous regions by utilizing local non-arable hilly soil. The primary objective is to determine crucial parameters, including the density, water absorption, compressive strength, and flexural strength of blocks manufactured from silty clay and PCB30 cement through a hydraulic pressing process. Test specimens were rigorously evaluated according to the Vietnamese Standards (TCVN). The results at the 28-day curing age show that the density reached 1867 kg/m³; meanwhile, water absorption decreased to 13%, reflecting the densification of the internal structure. The compressive strength reached 5.1 MPa in a dry state and 2.7 MPa in a saturated state, and the flexural strength achieved 0.4 MPa. These results confirm that ICSCEB meets the technical requirements for low-rise housing, contributing to promoting sustainable materials.

Keywords: interlocking cement-stabilised compressed earth bricks; density; water absorption; compressive strength; flexural strength; curing age.

[https://doi.org/10.31814/stce.huace2026-20\(2V\)-07](https://doi.org/10.31814/stce.huace2026-20(2V)-07) © 2026 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Đặt vấn đề

Ở khu vực miền núi phía Bắc Việt Nam, nhà trình tường là loại nhà sử dụng phương pháp xây dựng tường đất nén truyền thống nhưng dễ bị suy giảm độ bền dưới tác động của khí hậu khắc nghiệt, đặc biệt là mưa kéo dài gây trương nở và xói mòn đất. Trong bối cảnh giao thông khó khăn, chi phí vận chuyển cao và nhu cầu tận dụng nguồn đất địa phương, gạch đất xi măng không nung dạng tự chèn (Interlocking Cement Stabilised Compressed Earth Brick – ICSCEB) được xem là giải pháp phù hợp. ICSCEB được sản xuất bằng cách đầm nén hỗn hợp đất–xi măng, trong đó cường độ hình thành nhờ áp lực nén và quá trình thủy hóa, kết hợp hệ liên kết gờ–rãnh theo phương ngang và đứng giúp nâng cao khả năng liên kết và hiệu quả thi công [1–4]. Nhờ cơ chế liên kết này, khối xây ICSCEB có

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: hieunt@huace.edu.vn (Hiếu, N. T.)

thể thi công theo phương pháp xếp chồng khô, không cần vữa xây, giúp rút ngắn thời gian thi công, giảm tiêu thụ xi măng và cho phép sử dụng lao động chưa có tay nghề cao [1–6]. Đồng thời, cấu tạo gạch cho phép bố trí thép gia cường trong khối xây, hỗ trợ tự cân chỉnh tường và loại bỏ nhu cầu cốp pha cho dầm, cột [7]. Vì vậy, ICSCB được xem là giải pháp thay thế tiềm năng cho gạch đất nung, đặc biệt phù hợp với khu vực nông thôn và vùng cao.

Các nghiên cứu đã công bố cho thấy gạch đất xi măng không nung đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật cho nhà ở thấp tầng, hướng tới sử dụng vật liệu tại chỗ nhằm giảm chi phí vận chuyển, nhân công và năng lượng, đồng thời hạn chế ô nhiễm môi trường do không cần trải qua quá trình nung [4]. Trong bối cảnh phát triển bền vững, các công nghệ gạch xanh như ICSCB đang dần thay thế vật liệu xây dựng truyền thống; theo báo cáo của World Habitat, quá trình sản xuất gạch đất nén có thể giảm tới 75% lượng phát thải CO₂ so với gạch đất sét nung [8, 9].

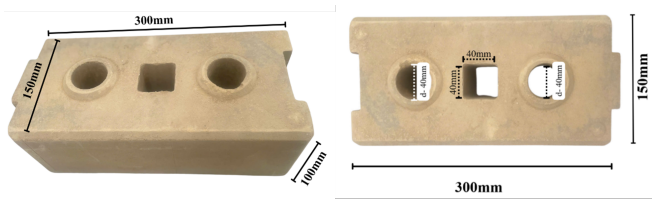
Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu đã tập trung làm rõ đặc trưng cơ lý và độ bền của gạch đất xi măng không nung. Tác giả Nguyễn Trung Hiếu, và cs. [4] đã chỉ ra mối quan hệ giữa hàm lượng xi măng, khối lượng thể tích và cường độ chịu nén của gạch. Các nghiên cứu của Dao K [10], Tripura D.D. & Singh K.D. [11], Nadeem M. [12], và Abdullah E. [13] khẳng định vai trò của hàm lượng xi măng trong việc cải thiện khối lượng thể tích, độ hút nước và các cường độ cơ học. Bên cạnh đó, các nghiên cứu của Abid R. [14], Befikadu [15] và Nshimiyimana P. [16] cho thấy tuổi dưỡng hộ có ảnh hưởng đáng kể đến sự phát triển cường độ và sự suy giảm độ hút nước của gạch theo thời gian, phản ánh vai trò của quá trình thủy hóa và đặc chắc cấu trúc vật liệu.

Mặc dù đã có một số nghiên cứu về gạch không nung và ICSCB tại Việt Nam, các công trình này còn hạn chế về quy mô và tính hệ thống, đặc biệt là các nghiên cứu thực nghiệm về sự phát triển tính chất cơ học theo thời gian bảo dưỡng [3, 17, 18]. Vì vậy, bài báo này trình bày nghiên cứu thực nghiệm nhằm làm rõ sự biến đổi theo thời gian của các đặc trưng cơ lý chủ yếu của ICSCB, góp phần hoàn thiện cơ sở khoa học cho việc ứng dụng vật liệu này trong nhà ở thấp tầng.

2. Mẫu thí nghiệm và vật liệu chế tạo

2.1. Kích thước và hình dạng ICSCB

Kích thước của ICSCB là 300 mm (dài) × 150 mm (rộng) × 100 mm (cao). Ở giữa viên gạch có ba khoang rỗng: hai khoang hình tròn đường kính 40 mm đặt hai bên và một khoang hình vuông cạnh 40 mm nằm ở trung tâm, giúp giảm trọng lượng viên gạch, ngăn thấm nước, cải thiện khả năng cách nhiệt, đồng thời tạo điều kiện để đặt thép gia cường đứng và đổ vữa nhằm tăng độ ổn định [2–4]. Bề mặt trên và dưới của gạch được thiết kế với hệ thống gờ rãnh: gờ nằm ở mặt trên và rãnh nằm ở mặt dưới đồng thời có khóa âm/dương ở 2 đầu gạch, giúp các viên gạch dễ dàng xếp chồng và lắp dựng mà không cần vữa. Hình dạng này cũng đảm bảo tường được cân chỉnh tự động theo phương đứng và phương ngang khi thi công. Hình dạng, kích thước thực tế của ICSCB thể hiện tại Hình 1.



Hình 1. Kích thước – hình dạng và thực tế của ICSCB

2.2. Vật liệu chế tạo

Trong nghiên cứu này, ba loại vật liệu chính được sử dụng bao gồm: đất địa phương, xi măng PCB30 và nước sạch sinh hoạt.

- Đất địa phương được khai thác tại xã Tân Minh, huyện Đà Bắc, tỉnh Hòa Bình. Đây là loại đất á sét có màu xám vàng, đặc trưng bởi thành phần hạt gồm: 7,5% sét ($< 0,005$ mm); 18,33% bụi (0,005–0,05 mm) và phần còn lại chủ yếu là cát. Trước khi sử dụng, đất được phơi khô tự nhiên, đánh toi và sàng lọc để loại bỏ tạp chất và các hạt có kích thước lớn hơn 5 mm. Các chỉ tiêu giới hạn độ dẻo được xác định gồm giới hạn dẻo (PL) là 33,48% và giới hạn chảy (LL) là 73,66% được xác định theo TCVN 4197:2012 [19].

- Xi măng sử dụng là loại xi măng Portland PCB30 do nhà máy xi măng Nam Sơn cung cấp, có cường độ nén 28 ngày đạt 34,6 MPa, đảm bảo phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6260:2020 [20].

- Nước trộn là nước sinh hoạt thông thường, đáp ứng các tiêu chí kỹ thuật sử dụng trong xây dựng theo TCVN 4506:2012 [21].

Thành phần và tính chất của đất thể hiện ở Bảng 1. Tính chất của xi măng thể hiện ở Bảng 2. Bảng 3 thể hiện cấp phối chế tạo ICSCEB.

Bảng 1. Thành phần và tính chất của đất nguyên liệu

Tính chất	Kết quả
Giới hạn Atterberg	
Giới hạn chảy (%)	73,66
Giới hạn dẻo (%)	33,48
Phân loại đất	Đất á sét màu nâu vàng, xám vàng
Thí nghiệm đầm chặt	
Khối lượng thể tích khô lớn nhất (kg/m^3)	1884
Độ ẩm tốt nhất (%)	11,10
Thành phần đất (%)	
Cát và sỏi ($> 0,05$ mm)	74,17
Bụi (0,005–0,05 mm)	18,33
Sét ($< 0,005$ mm)	7,5

Bảng 2. Các tính chất của xi măng

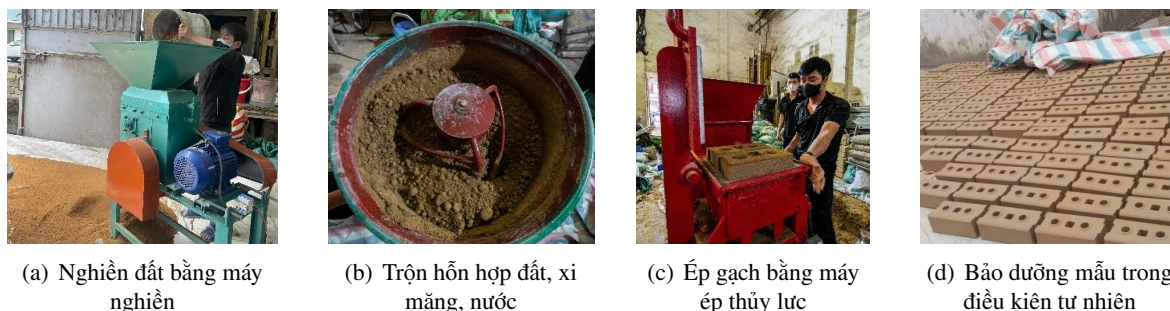
Độ mịn Blaine (cm^2/g)	Độ dẻo tiêu chuẩn (%)	Thời gian đông kết (phút)		Cường độ chịu nén (MPa)	
		Bắt đầu	Kết thúc	3 ngày	28 ngày
3020	29,5	95	360	17,5	34,6

Bảng 3. Cấp phối chế tạo ICSCEB

Vật liệu	Tỷ lệ thành phần (% theo khối lượng)	Khối lượng cho 1 m^3 (kg)
Đất	79,3	1744
Xi măng	10,8	238
Nước	9,9	218

2.3. Chế tạo mẫu

Hỗn hợp nguyên liệu được nạp vào phễu và cấp đầy vào khuôn thông qua học chứa di động. Sau khi đóng nắp khuôn, hệ thống kích thủy lực sẽ đẩy đáy khuôn lên phía trên để nén chặt hỗn hợp tạo hình viên gạch. Khi đạt lực ép tiêu chuẩn, mở nắp khuôn để đẩy sản phẩm lên bề mặt và thu hồi thủ công. Gạch sau khi tạo hình cần được xếp thành kiện tại nơi khô ráo, có che chắn khi mưa. Các mốc thí nghiệm trong nghiên cứu với các chỉ tiêu cơ lý là 7–14–28–56 ngày.

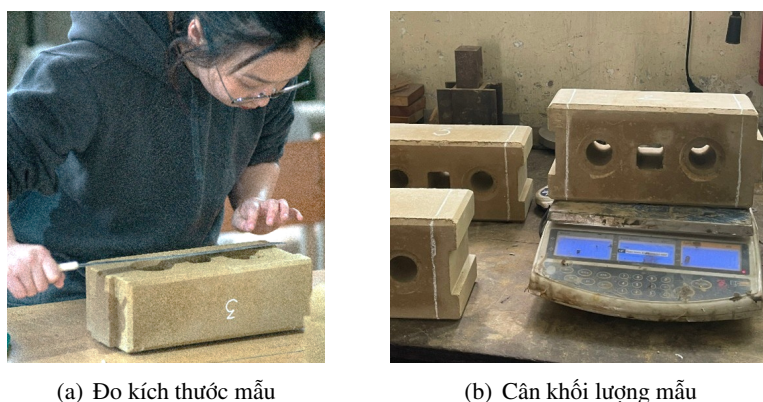


Hình 2. Các bước chế tạo mẫu gạch ICSCEB

Các đặc tính cơ lý của ICSCEB đã được xác định cụ thể thông qua hệ thống các thí nghiệm tiêu chuẩn. Nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá cường độ chịu nén của mẫu gạch tại hai trạng thái khô và bão hòa. Bên cạnh đó, các thông số về cường độ chịu uốn cũng như độ hút nước, khối lượng thể tích đã được đo đạc và phân tích chi tiết. Toàn bộ các chỉ số đều được theo dõi tại các mốc thời gian phát triển của mẫu, bao gồm 7–14–28–56 ngày.

2.4. Khối lượng thể tích

Khối lượng thể tích của gạch được xác định theo TCVN 6355-5:2009: Gạch xây – Xác định khối lượng thể tích bằng cách tiến hành cân mẫu và đo các kích thước hình học của viên gạch ở trạng thái khô [22]. Trước khi thử, mẫu được làm sạch bề mặt để loại bỏ bụi bẩn, sau đó được cân để xác định khối lượng khô. Các kích thước chiều dài, chiều rộng và chiều cao của mẫu được đo bằng dụng cụ có độ chính xác phù hợp; đối với gạch rỗng, thể tích phần lỗ rỗng được trừ đi để xác định thể tích thực của viên gạch. Khối lượng thể tích được tính bằng tỷ số giữa khối lượng khô và thể tích của mẫu. Thí nghiệm được thực hiện trên ba viên gạch, và giá trị khối lượng thể tích được lấy bằng giá trị trung bình của các mẫu. Các bước thể hiện ở Hình 3.



Hình 3. Các bước tiến hành xác định khối lượng thể tích ICSCEB

Khối lượng thể tích của gạch ICSCB được xác định theo công thức (1):

$$\rho = \frac{m}{(l \cdot b \cdot h) - V_r} \quad (1)$$

trong đó: ρ là khối lượng thể tích (kg/m^3); m là khối lượng mẫu (kg); l, b, h là chiều dài, rộng, cao (m), V_r là thể tích lỗ rỗng trong gạch (m^3).

2.5. Độ hút nước

Khả năng hút nước (tính theo phần trăm khối lượng) của gạch ICSCB sau 24 giờ ngâm nước ở nhiệt độ phòng thí nghiệm được xác định theo TCVN 6355-4:2009 về phương pháp xác định độ hút nước của gạch xây [23]. Hình 4 minh họa bố trí thí nghiệm điển hình cho quá trình ngâm mẫu.



(a) Ngâm gạch 24 giờ trong nước



(b) Cân mẫu gạch thí nghiệm

Hình 4. Thí nghiệm xác định độ hút nước của ICSCB

Độ hút nước của gạch ICSCB được xác định theo công thức (2):

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

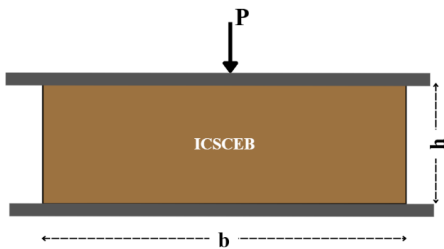
trong đó: W là độ hút nước (% theo khối lượng); m_1 là khối lượng mẫu khô (g), m_2 là khối lượng mẫu sau khi ngâm 24 h ở $(27 \pm 2)^\circ\text{C}$ (g).

2.6. Cường độ chịu nén

Cường độ chịu nén của gạch ICSCB được xác định theo TCVN 6477:2016 về phương pháp thử cường độ nén của gạch bê tông [24]. Do gạch liên kết có các rãnh và gờ khóa, làm thay đổi diện tích chịu lực của mặt nén, các chi tiết này được loại bỏ bằng cách cắt để đảm bảo mặt chịu nén phẳng và đúng theo yêu cầu của tiêu chuẩn.

Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của mẫu ICSCB được thực hiện tại hai trạng thái: khô và bão hòa nước. Trong đó, các mẫu khô được bảo dưỡng trong điều kiện tự nhiên, trong khi các mẫu bão hòa được ngâm trong nước tại nhiệt độ phòng thí nghiệm trong 24 giờ, sau đó được làm khô bề mặt trước khi tiến hành gia tải để xác định cường độ chịu nén khô và bão hòa ở các thời điểm khảo sát.

Các mẫu gạch được thử trên nén thủy lực 50T 2P650 (Liên Xô), với tốc độ gia tải được duy trì ổn định theo quy định của TCVN 6477:2016. Ba mẫu đại diện cho các ngày tuổi được thí nghiệm và giá trị trung bình được sử dụng cho tính toán.



(a) Sơ đồ bố trí thí nghiệm nén



(b) Thí nghiệm nén thực tế trên máy nén thủy lực 50T 2P650 (Liên Xô)

Hình 5. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của ICSCEB

Cường độ chịu nén được xác định theo công thức (3) quy định trong tiêu chuẩn. Hình 5 trình bày bố trí thí nghiệm điển hình của quá trình gia tải nén.

$$R_n = \frac{P}{A} \quad (3)$$

trong đó: R_n là cường độ chịu nén (MPa); P là tải trọng phá hủy (N) và A là diện tích mặt chịu lực (mm^2).

2.7. Cường độ chịu uốn

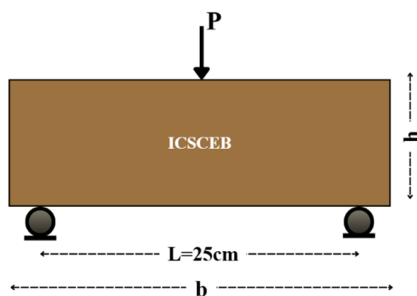
Cường độ chịu uốn của gạch được xác định theo TCVN 6355-3:2009: Gạch xây – Xác định cường độ chịu uốn [25]. Thí nghiệm được tiến hành trên các mẫu gạch nguyên dạng, trong đó tải trọng được đặt theo sơ đồ uốn ba điểm với tốc độ tăng tải phù hợp quy định trong tiêu chuẩn.

Ba mẫu được lựa chọn đối với từng ngày tuổi thí nghiệm và tiến hành thử; giá trị cường độ chịu uốn được lấy bằng giá trị trung bình của ba lần thử. Tải trọng phá hủy được ghi nhận tại thời điểm mẫu bị nứt và gãy. Hình 6 trình bày bố trí điển hình cho thí nghiệm uốn.

Cường độ chịu uốn được tính theo công thức (4):

$$R_u = \frac{3 PL}{2 b \cdot h^2} \quad (4)$$

trong đó: R_u là cường độ chịu uốn (MPa); P là tải trọng phá hủy (N); L là khoảng cách giữa hai gối dưới (mm); b là bề rộng hữu hiệu (khoảng cách mặt–mặt trừ phần rỗng) của mẫu tại mặt phẳng phá hủy (mm) và h là chiều cao mẫu thử (mm).



(a) Sơ đồ bố trí thí nghiệm uốn 3 điểm



(b) Thí nghiệm uốn thực tế trên máy nén thủy lực YM5A (Liên Xô)

Hình 6. Thí nghiệm xác định cường độ chịu uốn của ICSCEB

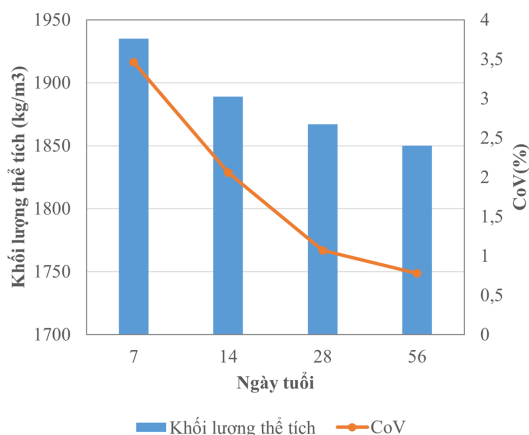
3. Phân tích và đánh giá kết quả thí nghiệm

3.1. Khối lượng thể tích

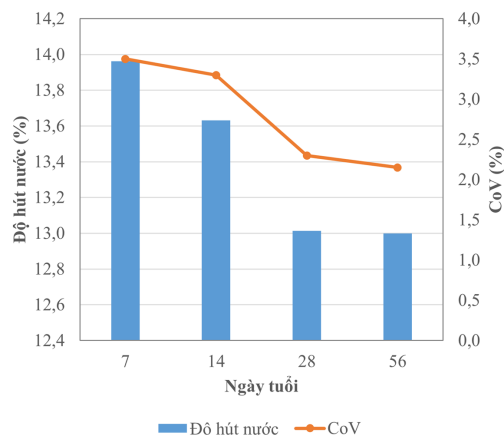
Kết quả trình bày trên Hình 7 cho thấy khối lượng thể tích (KLTT) của gạch đất xi măng không nung giảm nhẹ theo thời gian dưỡng hộ.

KLTT của gạch ICSCEB giảm dần theo ngày tuổi, từ 1935 kg/m³ ở 7 ngày xuống 1889 kg/m³ tại 14 ngày, tiếp tục giảm còn 1867 kg/m³ ở 28 ngày và đạt xấp xỉ 1850 kg/m³ tại 56 ngày. Quá trình suy giảm KLTT diễn ra nhanh trong 28 ngày đầu, đặc biệt rõ rệt ở 14 ngày đầu, do sự bay hơi mạnh của nước tự do còn tồn tại trong cấu trúc gạch và quá trình thủy hóa xi măng. Sau 28 ngày, mức giảm KLTT từ 28 đến 56 ngày là không đáng kể, cho thấy vật liệu đã tiến tới trạng thái ổn định.

Song song với đó, hệ số biến thiên (CoV) giảm mạnh từ trên 3% ở 7 ngày xuống dưới 1% ở giai đoạn 28–56 ngày, phản ánh mức độ đồng nhất của vật liệu được cải thiện rõ rệt theo thời gian bảo dưỡng. Nhìn chung, biên độ biến động KLTT là nhỏ và xu hướng ổn định ở ngày tuổi muộn cho thấy quá trình đóng rắn diễn ra bình thường. Giá trị KLTT tại 28 ngày đạt 1850–1870 kg/m³ đạt được cao hơn ngưỡng 1800 kg/m³ theo khuyến nghị của CRATerre [26], khẳng định tính ổn định và khả năng ứng dụng của gạch ICSCEB.



Hình 7. Khối lượng thể tích của ICSCEB tại các ngày tuổi khác nhau

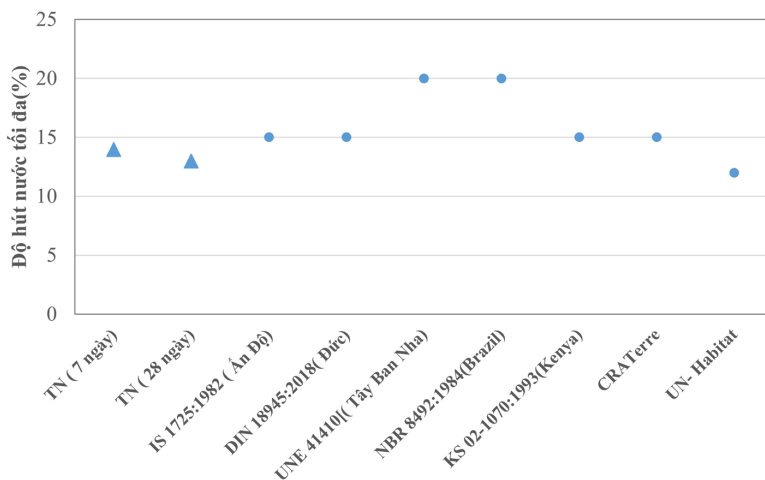


Hình 8. Độ hút nước của ICSCEB tại các ngày tuổi khác nhau

3.2. Độ hút nước

Khả năng hút nước của gạch ICSCB được xác định bằng phương pháp ngâm trong nước trong 24 giờ để xác định khối lượng bão hòa. Kết quả thí nghiệm được thể hiện dưới dạng đồ thị ở Hình 8.

Biểu đồ cho thấy độ hút nước của gạch đất xi măng không nung giảm dần theo thời gian, từ khoảng 14,0% ở 7 ngày xuống còn 13,6% ở 14 ngày và tiếp tục giảm mạnh còn xấp xỉ 13,0% tại 28 và 56 ngày. Xu hướng giảm này phản ánh quá trình thủy hóa xi măng diễn ra liên tục, tạo thêm các sản phẩm hydrate lấp đầy lỗ rỗng, làm vật liệu đặc chắc hơn và giảm khả năng thấm hút nước. Nhìn chung, biểu đồ thể hiện rõ sự ổn định và tăng độ bền đặc chắc của gạch khi quá trình đóng rắn phát triển. Tham khảo các tiêu chuẩn trên thế giới cho gạch đất không nung, có thể thấy các quốc gia thường quy định độ hút nước tối ưu cho CEB dao động từ 10–20% (thể hiện Hình 9), kết quả cho thấy độ hút nước của ICSCB trong nghiên cứu ở 7 và 28 ngày tuổi thỏa mãn yêu cầu.

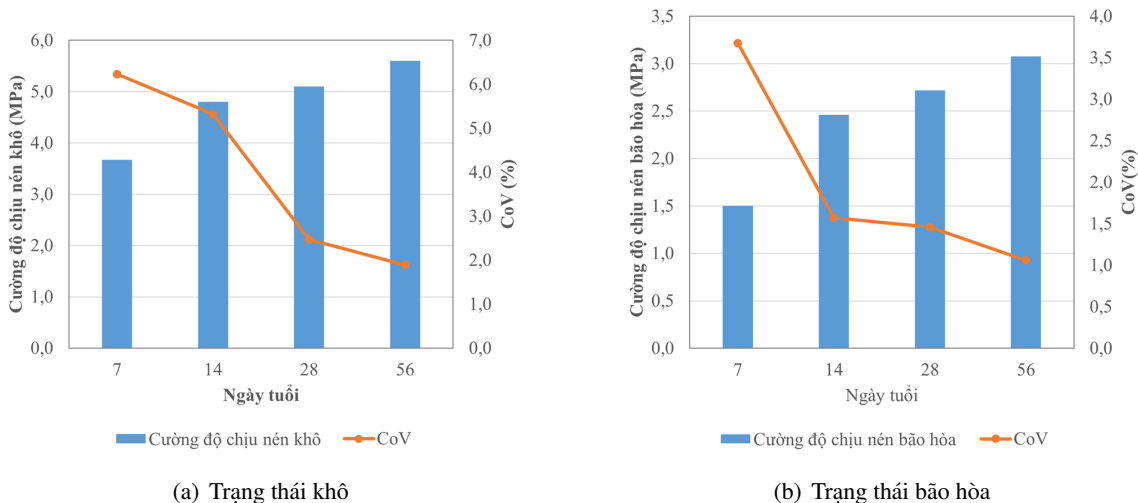


Hình 9. Độ hút nước của gạch ICSCB sử dụng trong nghiên cứu đối chiếu với độ hút nước tối đa quy định trong các tiêu chuẩn cho gạch đất không nung

3.3. Cường độ chịu nén

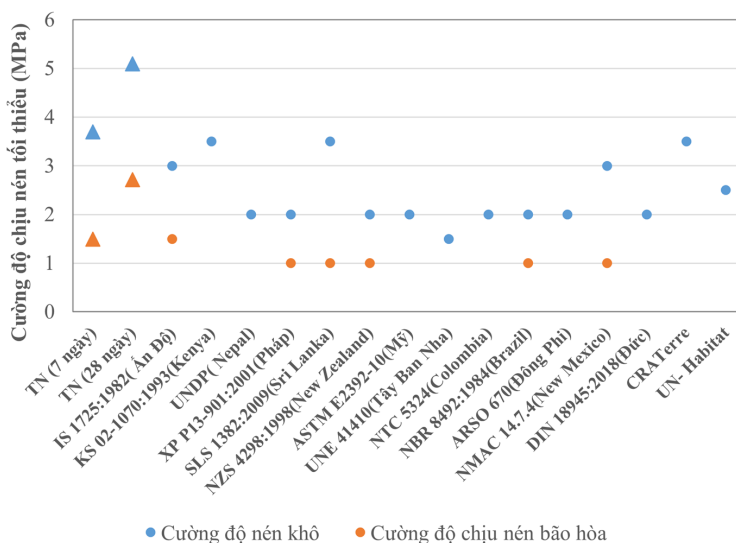
Sự phát triển cường độ chịu nén (CĐCN) theo thời gian là yếu tố rất quan trọng trong nghiên cứu đặc tính cơ học của đất được gia cố bằng xi măng, bởi đây là quá trình phản ánh trực tiếp mức độ đóng rắn và ổn định cấu trúc của vật liệu. Sự gia tăng cường độ này chủ yếu nhờ quá trình thủy hóa xi măng diễn ra liên tục, tạo ra các sản phẩm liên kết như C–S–H và ettringite giúp lấp đầy lỗ rỗng và làm tăng độ đặc chắc của vật liệu. Theo Befikadu, sự tương tác ion giữa clorua trong xi măng và các ion kim loại trong đất sét còn thúc đẩy hình thành các kết tụ bền vững, góp phần nâng cao cường độ theo thời gian [15]. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Nshimiyimana, cho thấy CĐCN của gạch đất – xi măng thường đạt giá trị tối ưu sau 28 ngày và tiếp tục tăng nhẹ ở các tuổi muộn hơn [16]. Kết quả thể hiện trên Hình 10 cho thấy xu hướng tăng cường độ rất rõ rệt ở cả trạng thái khô và bão hòa.

Ở trạng thái khô, cường độ phát triển mạnh trong 28 ngày đầu tiên. Tại 7 ngày, cường độ đạt khoảng 3,7 MPa, tương đương 72% so với giá trị ở 28 ngày; đến 14 ngày, cường độ tăng lên 4,7 MPa, đạt 92% cường độ 28 ngày, cho thấy tốc độ phát triển rất nhanh trong giai đoạn đầu của quá trình đóng rắn. Ở mốc 28 ngày, cường độ đạt khoảng 5,1 MPa, chỉ tăng thêm 0,4 MPa so với tuổi 14 ngày, phản ánh xu hướng chậm dần của quá trình thủy hóa. Từ 28 đến 56 ngày, cường độ tiếp tục tăng từ 5,1 MPa lên 5,6 MPa, tức tăng khoảng 10%, cho thấy các phản ứng thủy hóa vẫn tiếp diễn nhưng ở mức độ chậm và ổn định hơn.



Hình 10. Cường độ chịu nén của ICSCEB tại các ngày tuổi khác nhau với 2 trạng thái khô và bão hòa

Ở trạng thái bão hòa, CĐCN nhìn chung chỉ đạt khoảng một nửa so với trạng thái khô. Tại tuổi 7 ngày, cường độ bão hòa mới đạt xấp xỉ 40% cường độ khô, cho thấy sự hiện diện của nước làm suy giảm rõ rệt khả năng chịu nén ở giai đoạn đầu. Tuy nhiên, đến tuổi 56 ngày, tỷ lệ này tăng lên khoảng 55%, phản ánh sự cải thiện đáng kể khi quá trình thủy hóa tiếp tục diễn ra và vi cấu trúc vật liệu được hoàn thiện.



Hình 11. Cường độ chịu nén của ICSCEB sử dụng trong nghiên cứu ở 7 và 28 ngày tuổi đối chiếu với cường độ chịu nén tối thiểu ở 2 trạng thái khô và bão hòa trong các tiêu chuẩn

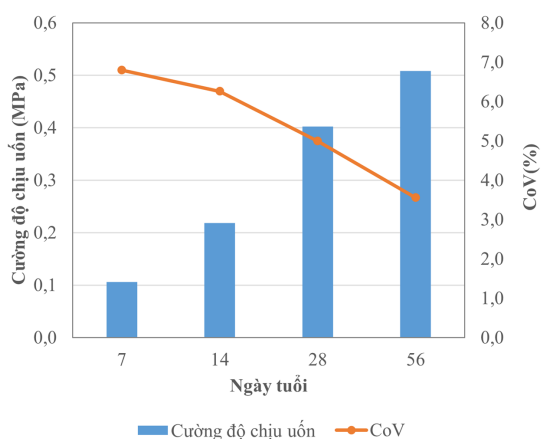
Hình 11 trình bày các tiêu chuẩn quốc tế về CĐCN tối thiểu của gạch trong hai trạng thái khô và bão hòa nước. Theo đó, hầu hết các tiêu chuẩn yêu cầu cường độ khô tối thiểu trong khoảng 2,0–3,5 MPa, trong khi cường độ bão hòa được chấp nhận từ 1,0–1,5 MPa tùy theo loại gạch và điều kiện sử dụng. Trên cơ sở này, nghiên cứu lựa chọn mức tối thiểu 2,5 MPa ở trạng thái khô và 1,0 MPa ở trạng thái bão hòa làm chỉ số đánh giá chất lượng CSCEB.

Kết quả thí nghiệm cho thấy các mẫu gạch hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu này: cường độ khô

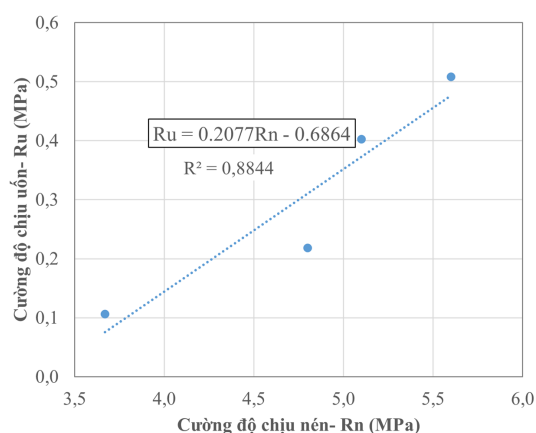
đạt 5,1 MPa và cường độ bão hòa đạt khoảng 2,7 MPa ở 28 ngày. Điều này chứng tỏ ICSCB trong nghiên cứu không chỉ đáp ứng tiêu chuẩn sử dụng trong xây dựng mà còn duy trì được khả năng chịu lực ổn định ngay cả trong môi trường có độ ẩm cao.

3.4. Cường độ chịu kéo khi uốn

Không giống như cường độ nén, cường độ chịu kéo khi uốn (CĐCU) của ICSCB thường ít được đề cập trong các tiêu chuẩn quốc tế về xây dựng bằng đất. Trong số rất ít chỉ dẫn kỹ thuật có quy định rõ ràng, New Mexico Earthen Building Materials Code (14.7.4 NMAC) yêu cầu gạch đất nén phải đạt cường độ uốn tối thiểu 0,34 MPa theo phương pháp thử uốn ba điểm [27]. Bên cạnh đó, tiêu chuẩn NZS 4298 cho phép sử dụng cường độ uốn để đánh giá mức cường độ tối thiểu của CEB, với giá trị yêu cầu không nhỏ hơn 0,25 MPa [28]. Nhìn chung, cường độ uốn của vật liệu luôn thấp hơn đáng kể so với cường độ nén và theo các nghiên cứu trước, giá trị này thường chỉ đạt khoảng 10–15% cường độ nén [29, 30]. Kết quả thí nghiệm uốn ba điểm thể hiện trên Hình 12 cho thấy cường độ chịu uốn của mẫu tăng đều theo thời gian bảo dưỡng.



Hình 12. Cường độ chịu uốn của ICSCB tại các ngày tuổi khác nhau



Hình 13. Quan hệ giữa cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn

Cụ thể, CĐCU từ khoảng 0,10 MPa ở 7 ngày, lên 0,22 MPa ở 14 ngày, 0,39 MPa ở 28 ngày, và đạt 0,52 MPa tại 56 ngày. Mức tăng này phản ánh rõ sự phát triển cường độ của vật liệu theo quá trình thủy hóa và đóng rắn. Xu hướng tăng cường độ kèm giảm độ phân tán số liệu phù hợp với cơ chế phát triển cường độ của các vật liệu gốc xi măng, đồng thời củng cố nhận định rằng giá trị cường độ uốn thu được vượt mức tối thiểu yêu cầu theo các chỉ dẫn kỹ thuật và tiêu chuẩn tham khảo, đảm bảo mức an toàn cần thiết cho ứng dụng thực tế.

Quan hệ tuyến tính thu được giữa hai đại lượng cho thấy khi cường độ nén tăng, cường độ uốn cũng tăng tương ứng, tuy nhiên giá trị cường độ uốn chỉ đạt khoảng 10–20% cường độ nén, phản ánh rõ sự chênh lệch lớn giữa khả năng chịu kéo uốn và chịu nén của vật liệu thể hiện ở Hình 13. Xu hướng này là đặc trưng của các vật liệu nền đất – xi măng và tương đồng với các kết quả đã được công bố [29, 30].

4. Kết luận

Kết quả thực nghiệm cho thấy gạch đất xi măng không nung dạng tự chèn (ICSCB) được chế tạo từ đất địa phương hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu cơ lý theo tiêu chuẩn xây dựng hiện hành:

- Khối lượng thể tích đạt giá trị từ 1935–1850 kg/m³ và giảm nhẹ theo thời gian, phản ánh quá trình bay hơi nước và đóng rắn bình thường; các giá trị đều vượt mức tối thiểu 1800 kg/m³ theo khuyến nghị CRATerre.

- Độ hút nước giảm theo tuổi, từ 14% xuống còn khoảng 13% tại 28–56 ngày, phù hợp với giới hạn 10–20% trong các tiêu chuẩn gạch đất không nung quốc tế, cho thấy độ đặc chắc của vật liệu tăng dần.

- Cường độ chịu nén phát triển rõ rệt, đạt 5,1 MPa (khô) và 2,7 MPa (bão hòa) tại 28 ngày, đều vượt tiêu chuẩn yêu cầu tối thiểu (2,5 MPa khô và 1,0 MPa bão hòa), chứng tỏ gạch có thể sử dụng cho các tường chịu lực trong điều kiện khí hậu ẩm.

- Cường độ chịu uốn tăng đều theo thời gian, đạt 0,52 MPa tại 56 ngày, và quan hệ tuyến tính của cường độ chịu uốn với cường độ chịu nén, đạt khoảng 20% giá trị cường độ chịu nén.

- Hệ số biến thiên (CoV) của các chỉ tiêu giảm mạnh theo tuổi, cho thấy quy trình chế tạo và dưỡng hộ tạo ra vật liệu đồng nhất, ổn định về chất lượng.

Kết quả nghiên cứu khẳng định ICSCB là vật liệu xây dựng xanh, bền vững, phù hợp triển khai tại vùng nông thôn và miền núi nhờ nguồn vật liệu sẵn có, chi phí thấp, khả năng chịu lực tốt và dễ thi công.

Tài liệu tham khảo

- [1] Qu, B., Stirling, B., Jansen, D., Bland, D., Laursen, P. (2015). [Testing of flexure-dominated interlocking compressed earth block walls](#). *Construction and Building Materials*, 83:34–43.
- [2] Joyklad, P., Hussain, Q. (2019). [Axial compressive response of grouted cement-clay interlocking hollow brick walls](#). *Asian Journal of Civil Engineering*, 20:733–744.
- [3] Sơn, H., Dương, T. (2025). [Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử nén đúng tâm của khối xây gạch đất xi măng dạng tự chèn](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (STCE) - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*, 19 (2V):138–148.
- [4] Hiếu, N., Tuấn, N., Đạt, P. (2023). [Nghiên cứu giải pháp và công nghệ xây dựng nhà ở cho đồng bào dân tộc vùng núi phía Bắc sử dụng các vật liệu tại chỗ](#). Báo cáo tổng kết đề tài Khoa học và Công nghệ Bộ Xây dựng, mã số RD 49-22.
- [5] Adedeji, Y. (2008). Interlocking masonry: Panacea for sustainable low-cost housing in Nigeria. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 5(8):744–750.
- [6] Mehboob, S., Ullah, M., Riaz, K., Saad, M. (2022). [Performance evaluation of mortarless brick masonry](#). *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*, 41(3):14–22.
- [7] Saari, S., Abu Bakar, B., Surip, N. (2017). Strength properties of interlocking compressed earth brick units. *AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing, 1892:020017.
- [8] International Energy Agency (2019). *Perspectives for clean energy transition: The critical role of buildings*. Paris.
- [9] Global CCS Institute (2021). *Global status report 2021*. Melbourne.
- [10] Dao, K., Ouedraogo, M., Millogo, Y., Aubert, J., Gomina, M. (2018). [Thermal, hydric and mechanical behaviours of adobes stabilized with cement](#). *Construction and Building Materials*, 158:84–96.
- [11] Tripura, D., Kasinikota, P. (2023). [Axial load behavior of unreinforced and reinforced hollow interlocking compressed stabilized earth block masonry walls](#). *Construction and Building Materials*, 407:133451.
- [12] Nadeem, M., Gul, A., Bahrami, A., Azab, M., Khan, S., Shahzada, K. (2023). [Evaluation of mechanical properties of cored interlocking blocks – A step toward affordable masonry material](#). *Results in Engineering*, 18:101128.
- [13] Abdullah, E., Mirasa, A., Asrah, H., Mohamad, H. (2021). Development and behaviour of interlocking compressed earth bricks in Universiti Malaysia Sabah, Malaysia. *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 1874(1):012052.
- [14] Abid, R., Kamoun, N., Jamoussi, F., El Feki, H. (2022). [Fabrication and properties of compressed earth brick from local Tunisian raw materials](#). *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 61(5): 397–407.
- [15] Zewudie, B. (2023). [Experimental study on the production and mechanical behavior of compressed lime-cement-stabilized interlock soil blocks](#). *Advances in Materials Science and Engineering*, 2023:2933398.

- [16] Nshimiyimana, P. (2020). *Effect of the type of clay earthen materials and substitution materials on the physico-mechanical properties and durability of compressed earth blocks*. PhD Thesis, University of Liège.
- [17] Tuấn, N., Lâm, N., Thăng, N. (2018). **Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến cường độ nén gạch bê tông**. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (STCE) - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*, 12(2):80–85.
- [18] Kiên, T. (2017). Nghiên cứu chế tạo gạch không nung và vữa từ phế thải công nghiệp phục vụ phát triển bền vững. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (STCE) - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội*, 1:3–10.
- [19] TCVN 4197:2012 (2012). *Đất xây dựng – Phương pháp xác định giới hạn dẻo và giới hạn chảy trong phòng thí nghiệm*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [20] TCVN 6260:2020 (2020). *Xi măng Poóc lăng hỗn hợp*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [21] TCVN 4506:2012 (2012). *Nước cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [22] TCVN 6355-5:2009 (2009). *Gạch xây – Xác định khối lượng thể tích*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [23] TCVN 6355-4:2009 (2009). *Gạch xây – Xác định độ hút nước*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [24] TCVN 6477:2016 (2016). *Gạch bê tông – Xác định cường độ nén*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [25] TCVN 6355-3:2009 (2009). *Gạch xây – Xác định cường độ chịu uốn*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [26] CRAterre – Auroville Earth Institute (1998). *Compressed earth blocks: Standards*. Auroville Earth Institute.
- [27] NMAC 14.7.4 (2015). *New Mexico earthen building materials code*. New Mexico.
- [28] Standards New Zealand, NZS 4298 (1998). *Materials and workmanship for earth buildings*. Wellington.
- [29] Walker, P. (2004). **Strength and erosion characteristics of earth blocks and earth block masonry**. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 16(5):497–506.
- [30] Walker, P. (1995). **Strength, durability and shrinkage characteristics of cement stabilised soil blocks**. *Cement and Concrete Composites*, 17(4):301–310.